第43講　コイル

1

図のように，起電力 V の電池，抵抗値が各々 R の3つの抵抗，自己インダクタンス L のコイル，スイッチSをつないだ回路を作った。はじめ，スイッチSは開いている。電池の内部抵抗およびコイルの抵抗は無視できるものとして以下の問に答えよ。

(1)　スイッチSを開いた状態で，コイルを流れる電流を求めよ。

次にスイッチSを閉じた。

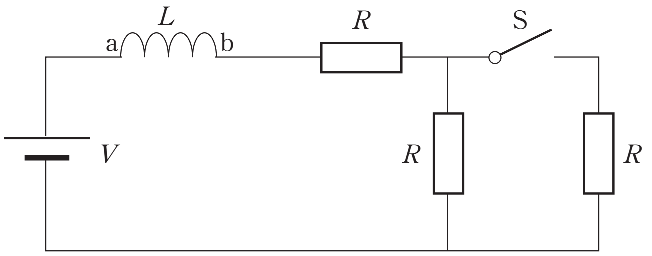
(2)　スイッチSを閉じた瞬間にコイルに生じる自己誘導起電力の大きさを求めよ。またこのとき，点aと点bではどちらの電位が高くなるか。

(3)　スイッチSを閉じて十分に時間がたったときにコイルを流れる電流は，スイッチSを閉じる前と比べてどれだけ変化したか。

さらに再びスイッチSを開いた。

(4)　スイッチSを開いた瞬間にコイルに生じる自己誘導起電力の大きさを求めよ。またこのとき，点aと点bではどちらの電位が高くなるか。

(5)　スイッチSを開いて十分に時間がたったときにコイルに蓄えられるエネルギーは，スイッチSを開く前と比べてどれだけ変化したか。



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

単位長さあたりの巻き数が n [回/m] の長いソレノイドコイルに一定の電流 I [A] が流れているとき，内部では強さ nI [A/m] の一様な磁場ができ，外部の磁場は無視できるものとする。以下の文はこのようなコイルについて考察したものである。［　　］に文中の記号を用いた式を記入せよ。ただし符号を考慮すること。

透磁率 μ_0 [Wb/A·m] の空気中におかれたソレノイドコイルについて考えよう。

図1のような断面積 S_1 [m^2]，長さ l [m]，N_1 回巻きのコイル1に一定の電流 I [A] が流れている。電流が変化するとコイル自身を貫く磁束が変化してコイルに誘導起電力が生じる。電流 I [A] が時間 Δt [s] の間に ΔI [A] だけ変化するとき，コイルを貫く磁束の変化は［(ア)］[Wb] である。このときコイルの1巻きあたりには［(イ)］[V] の誘導起電力が生じるので，コイル全体では［(ウ)］[V] の誘導起電力が生じる。このことからコイル1の自己インダクタンスは［(エ)］[H] であることがわかる。

このコイル1の内側にそれと同じ長さで断面積 $S_2(< S_1)$ [m^2]，N_2 回巻きのコイル2を図2のように両端をそろえて挿入する。まず，外側のコイル1だけに一定の電流 I [A] が流れている場合を考える。このとき内側のコイル2を貫く磁束は［(オ)］[Wb] である。外側のコイル1を流れる電流が Δt [s] の間に ΔI [A] だけ変化すると，内側のコイル2を貫く磁束が変化してコイル2全体に［(カ)］[V] の誘導起電力が生じる。このことからコイル1とコイル2の相互インダクタンスは［(キ)］[H] であることが分かる。

次に内側のコイル2だけに一定の電流 I [A] が流れている場合を考える。この電流が Δt [s] の間に ΔI [A] だけ変化するとき，前の場合と同様な考察をすると外側のコイル1全体に［(ク)］[V] の誘導起電力が生じることがわかる。

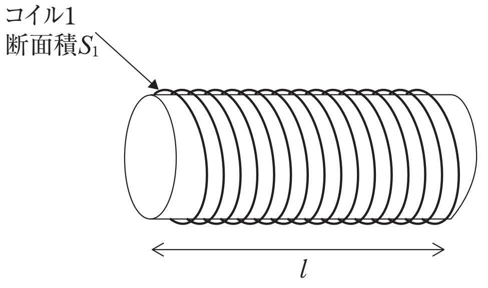


図1

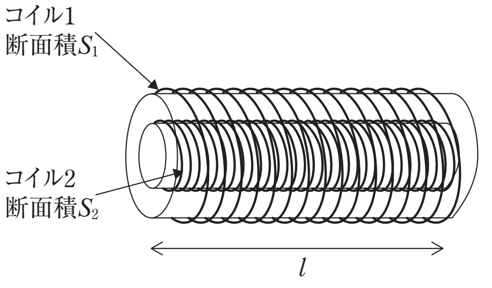


図2

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第43講　確認テスト

次の[1]〜[11]の解答を解答欄にマークしなさい。ただし解答の最後の桁は四捨五入によって求めなさい。＜解答群＞のあるものは最も適当なものを一つ選びその番号をマークしなさい。

図1のように，真空中に，巻き数が n [回]，半径 r [m] で長さが l [m] の十分長いソレノイドAがある。真空の透磁率 μ_0 [N/A^2] とする。

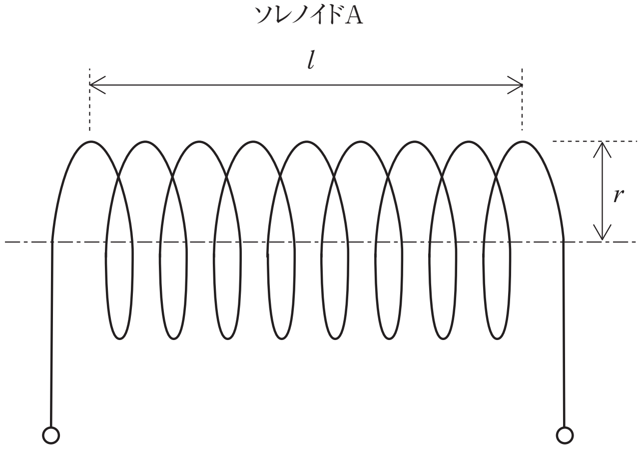


図1

問1　図1のソレノイドAに電流 I [A] を流した。ソレノイドAの内部の磁界の強さ H は H= [1][2]，磁束密度の大きさ B は B= [3][4]となる。よって，このソレノイドAを貫く磁束 ϕ を電流 I を用いて表すと ϕ= [1][3][5] I となる。それぞれの単位は磁界の強さ [[6]]，磁束密度 [[7]]，磁束 [[8]] である。

＜[1]〜[5]の解答群＞

① n	② $\frac{n}{l}$	③ r	④ μ_0
⑤ H	⑥ B	⑦ I	⑧ πr^2

＜[6]〜[8]の解答群＞

① H	② Wb	③ A	④ C
⑤ T	⑥ W	⑦ A/m	⑧ F

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問２　ソレノイドＡに流れている電流 I [A] を Δt 秒間に ΔI [A] だけ変化させた。このとき，ソレノイドＡに生じる誘導起電力の大きさ V_1 は $V_1 =$ [9] となる。

＜ [9] の解答群 ＞

① $\dfrac{n\phi}{lI}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$　② $\dfrac{n^2\phi}{lI}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$　③ $\phi\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$　④ $n\phi\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

⑤ $\dfrac{n\phi l}{\pi r^2}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$　⑥ $\dfrac{\phi\pi r^2}{l}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$　⑦ $\dfrac{n\phi}{I}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

問３　つぎに図２のように，巻き数が $2n$ [回]，半径 $\dfrac{r}{3}$ [m] の短いソレノイドＢをソレノイドＡの内側に収まるようにした。ここで，ソレノイドＡに流れている電流 I [A] を Δt 秒間に ΔI [A] だけ変化させた。この時，ソレノイドＢに生じる誘導起電力の大きさ V_2 は V_1 の何倍となるか。

$$V_2 = \frac{\boxed{10}}{\boxed{11}} V_1$$

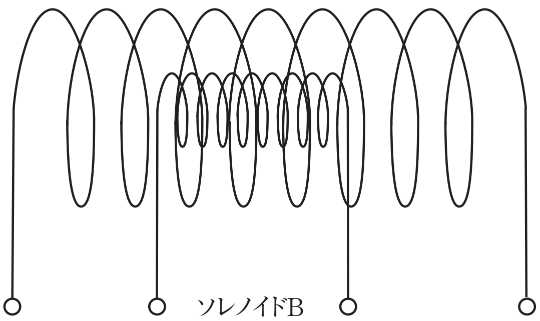


図２

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 43 講　解答

1

(1) $\dfrac{V}{2R}$　(2) 点 a の方が $\dfrac{1}{4}V$ だけ高電位　(3) $\dfrac{V}{6R}$ だけ増える

(4) 点 b の方が $\dfrac{1}{3}V$ だけ電位が高い　(5) $\dfrac{7}{72}L\left(\dfrac{V}{R}\right)^2$ だけ減る

2

(ア) $\mu_0\dfrac{N_1S_1}{l}\Delta I$

(イ) $-\mu_0\dfrac{N_1S_1}{l}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

(ウ) $-\mu_0\dfrac{N_1{}^2S_1}{l}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

(エ) $\mu_0\dfrac{N_1{}^2S_1}{l}$

(オ) $\mu_0\dfrac{N_1S_2I}{l}$

(カ) $-\mu_0\dfrac{N_1N_2S_2}{l}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

(キ) $\mu_0\dfrac{N_1N_2S_2}{l}$

(ク) $-\mu_0\dfrac{N_1N_2S_2}{l}\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 43 講　確認テスト

【解答】

問１　1　②　　2　⑦　　3　④　　4　⑤　　5　⑧

　　　6　⑦　　7　⑤　　8　②

問２　9　⑦

問３　10　2，11　9

【解説】

問１

$$H=\boldsymbol{\frac{n}{l}I}\ [\mathbf{A/m}]_{_1,\ 2,\ 6}$$

$$B=\boldsymbol{\mu_0 H}\ [\mathbf{T}]_{_3,\ 4,\ 7}$$

$$\phi=B\times\pi r^2=\mu_0 H\cdot\pi r^2=\boldsymbol{\mu_0\cdot\frac{n}{l}\cdot\pi r^2\cdot I}\ [\mathbf{Wb}]_{_(1,\ 3),\ 5,\ 8}$$

問２

ソレノイド A を貫く磁束は

$$\phi=B\cdot\pi r^2=\mu_0\frac{n}{l}I\cdot\pi r^2=\frac{\mu_0 n\pi r^2}{l}I\ [\mathrm{Wb}]$$

と表されるので，電流 I を ΔI だけ変化させるとき，磁束は

$$\Delta\phi=\frac{\mu_0 n\pi r^2}{l}\cdot\Delta I=\frac{\mu_0 n\pi r^2}{l}\cdot I\times\frac{\Delta I}{I}=\phi\times\frac{\Delta I}{I}\ [\mathrm{Wb}]$$

だけ変化する。よって，誘導起電力の大きさは，

$$V_1=\underbrace{n}_{\text{巻数}}\times\underbrace{\frac{\Delta\phi}{\Delta t}}_{\text{1巻きあたりの起電力}}=\boldsymbol{\frac{n\phi}{I}\cdot\frac{\Delta I}{\Delta t}}_{_9}$$

問３

ソレノイド A が作る磁束密度の大きさは $\mu_0\frac{n}{l}I$ [T] であり，ソレノイド B の内側を貫く磁束の大きさは

$$\phi'=\frac{\mu_0 nI}{l}\times\pi\left(\frac{r}{3}\right)^2=\frac{1}{9}\phi$$

よって，電流 I が ΔI だけ変化するときにソレノイド B に生ずる誘導起電力の大きさは

$$V_2=2n\times\frac{\Delta\phi'}{\Delta t}=2n\times\frac{1}{9}\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=\boldsymbol{\frac{2}{9}}V_{1\,_10,\ 11}$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。